

高速重イオン照射で YAG 結晶の屈折率は増加するか？

Does the refractive index of YAG crystal increase with swift heavy ion irradiation?

雨倉 宏¹⁾

大久保成彰²⁾

石川 法人²⁾

Hiroshi AMEKURA

Nariaki OKUBO

Norito ISHIKAWA

¹⁾物質・材料研究機構

²⁾原子力機構

(概要) これまで YAG のような光学結晶の屈折率は高速重イオン照射で減少することが報告されていた。しかし近年、屈折率が增大するという結果がいくつか報告されている。本研究では、これらの相矛盾する結果のうち、どちらが本当なのかを明らかにすべく、現象の再現実験を行う。特に屈折率が增大するという報告では広い照射線量域にわたる測定結果が欠けていたが、その点をカバーするデータを取得する。

キーワード： 光導波路、イオンビームによる光導波路形成、屈折率制御、YAG 結晶、光学結晶、高速重イオン照射

1. 目的

高屈折率物質から低屈折率物質へ光が入射する時、ある入射角以上で全反射が起こる。そのため光学的に透明な物質の表面に、それより高い屈折率の層を形成するか、または低屈折率の埋め込み層を形成すると、表面層の両界面で光の全反射が可能となり、その結果、高屈折率層内部に光が閉じ込められ、低損失の光輸送（光導波路）が可能となる。Townsend 等[1]はイオンビーム照射による光導波路の形成を意図し、YAG などの光学媒質に対して 1-2 MeV 程度の He イオン照射を行った。この場合、数 μm の深さのイオン飛程近傍では核的阻止能 S_n による結晶構造の破壊が起こり屈折率の減少が起こる。それよりも浅い電子的阻止能 S_e が支配的な深さでは、軽イオンの S_e が小さいためにあまり欠陥は形成されず良好な光伝搬特性が得られた。彼らは多様な結晶において、本手法で光導波路が形成できることを示した[1]。その後、核的阻止能ではなく、高速重イオンの電子的阻止能を用いても結晶内部の屈折率を減少させることができることが示された[2]。

しかし最近、中国山東大学のグループが高速重イオン照射で屈折率が增大するという結果を、YAG をはじめとするいくつかの物質、異なるイオン種について報告している[3]。この一見矛盾する結果の関係を明らかにするのが本研究の最終目標である。屈折率の増大を報告している論文では照射量をいろいろ変えた場合の結果が報告されておらず、本研究ではまず広い範囲にわたる照射量依存性を明らかにする。これにより屈折率の増大が、イオントラックの重なりが無視できる低線量領域で支配的な現象なのか、それともトラックの重なりが重要な高線量域で特徴的な現象かが明らかになり、メカニズムを考える上での指針が得られるであろう。

2. 方法

Nd を添加していない YAG 結晶を山東大学より供給を受け、タンデム加速器を用いて 200 MeV Xe イオン及び 50 MeV Si イオンで照射した。照射による結晶性の変化は入射角度固定の X 線回折及び光吸収分光測定、屈折率分布の変化については山東大学に試料を送りプリズム結合法により行った。

3. 結果及び考察

200 MeV Xe した試料で低線量で非常に弱い屈折率増加、高線量域で屈折率減少が観測された。高線量域での屈折率減少は X 線回折により観測された非晶質化と矛盾しない。

4. 引用(参照)文献等

[1] P.D. Townsend, et al., *Optical Effects of Ion Implantation* (Cambridge University Press, 1994).

[2] J. Olivares, et al. *Nuclear Instrum. Methods in Phys. Res. B* 257, 765 (2007).

[3] Y. Ren, et al. *Opt. Lett.* 35, 3276 (2010). Y. Ren, et al. *Opt. Express* 19, 5522 (2011). Y. Jia, et al. *Opt. Mater. Express* 2, 657 (2012).